

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ, ПРОКАТАННЫХ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Лукьянов А.А.

ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный политехнический
университет", г. Санкт-Петербург

lookianov0@gmail.com

На основе экспериментальных исследований комплекса механических свойств и микроструктуры, а также имитационного моделирования режимов прокатки рельсов из сталей различных производителей показаны основные технологии получения железнодорожных рельсов с высокой эксплуатационной надежностью. Установлено, что при действующей технологии производства рельсов из отечественной стали целесообразна корректировка химического состава, температурно-деформационных режимов прокатки и скорости охлаждения рельсов с целью уменьшения негативного влияния свободного феррита на их долговечность.

Многочисленные исследования, выполненные ранее [1] показывают, что эксплуатационная надежность рельсов, произведенных по устаревшей технологии прокатки на станах линейного типа, значительно уступает импортным рельсам, изготовленным по современным технологиям на станах с использованием универсальных клетей. Несмотря на активную работу предприятий-изготовителей по совершенствованию технологии производства рельсов, проблема относительно низких эксплуатационных свойств сохраняется. Как показали результаты полигонных испытаний [2] опытных партий рельсов качество опытных партий отечественных рельсов существенно уступает качеству аналогичной продукции иностранных производителей. В связи с этим необходимо выяснить причины различной стойкости производимых рельсов, которые до настоящего остаются дискуссионными, см., например, [3-4]. В связи с этим в работе была поставлена задача поисков причин различной надежности рельсов, изготовленных по различным технологиям в России и за рубежом.

Исследованию подвергались образцы рельсов Р65, прокатанные на линейном стане Нижнетагильского металлургического комбината, а также австрийских рельсов, произведенных компанией *Voest Alpine* и прокатанных на стане с универсальными клетями.

Анализ химического состава, показал, что различие в образцах производства НТМК и *Voest Alpine* заключается лишь в том, что образцы российских рельсов микролегированы ванадием, а австрийские рельсы дополнительно содержат 0,3% хрома и не содержат микролегирующих элементов.

Анализ технологии производства рельсов показал следующее. Прокатка рельсов Р65 на российских станах линейного типа, как правило, производится за 12 проходов [5]: технология прокатки рельсов путем обжатия раската в двухвалковых тавровых и рельсовых калибрах имеет ряд недостатков, в том числе большую неравномерность деформации по элементам профиля, причем головка и подошва рельса не подвергаются прямому обжатию в направлении оси симметрии рельса.

Прокатка железнодорожных рельсов типа Р65 на австрийских станах производится за 12 проходов. Использование универсальных балочных клеток позволяет осуществлять обжатие с четырех сторон, что обеспечивает высокую точность готового проката и прямое обжатие в направлении оси симметрии рельса.

Для выявления причин различной эксплуатационной стойкости были определены механические свойства материала рельсов, проведён металлографический анализ, изучена релаксационная способность и измерены внутренние напряжения.

Результаты испытаний на растяжение, проведенные по 5 образцам для каждого типа рельсов, показали, что механические свойства рельсов различных производителей имеют незначительные отличия. Рельсы российского производства обладают более высоким пределом текучести и пластичностью, но более низкий предел прочности, а австрийские рельсы характеризуются большей твердостью. Уровень механических свойств, в обоих случаях, не могут обеспечить высокую эксплуатационную стойкость какого-либо производителя рельсов.

Результаты металлографического анализа представлены на рис. 1.

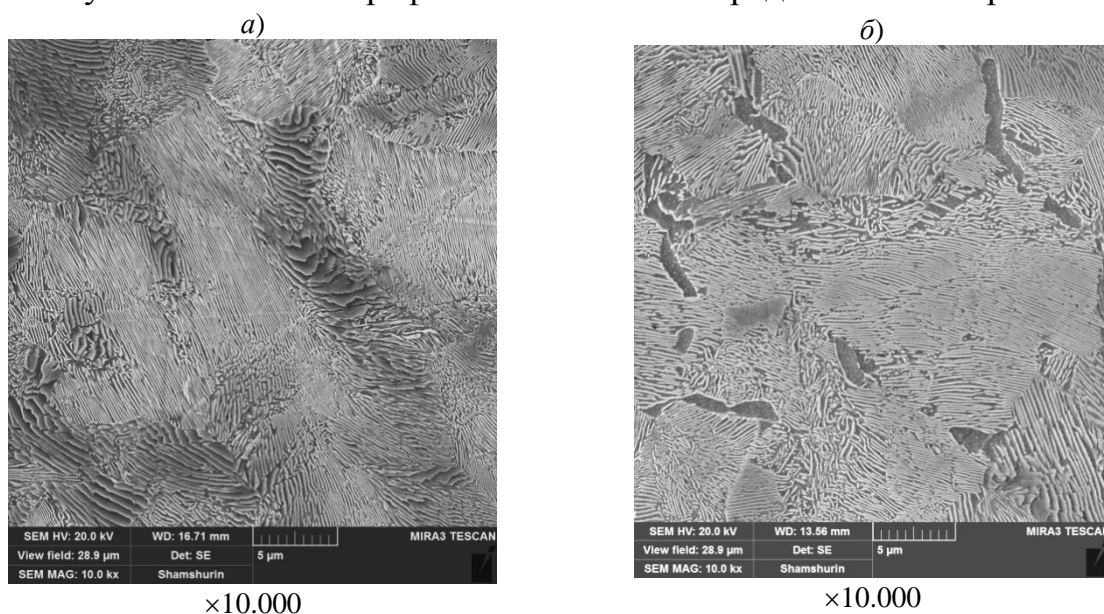


Рис. 1. Микроструктура исследуемых рельсов: а – рельсы производства *Voest Alpine*; б – рельсы производства НТМК

Выполненные структурные исследования показывают, что микроструктура стали, рельсов российских и зарубежных производителей

является перлитной. Перлитные колонии, сформированные в пределах аустенитного зерна, имеют как сферическую равноосную, так и слегка вытянутую форму (рис. 1), и средний размер $1\div 5$ мкм. Межпластинчатое расстояние составляет $60\div 160$ нм. Судя по размерам и ориентации перлитных колоний, можно высказать предположение, что перлитная структура сформирована на фоне мелкого рекристаллизованного зерна и, возможно, полигонизованного аустенита. Как известно, наличие мелкозернистой и полигонизованной структуры может быть причиной затрудненного развития усталостных микротрещин в рельсах. Основным отличием рельсов, произведенных на НТМК, от австрийских состоит в наличии феррита обогащенного ванадием, выделившегося по границам зерен исходного аустенита. Это наблюдение подтверждается другими исследованиями, например, [6].

Результаты испытаний показали, что величина «микронаклепа» стали, произведенной *Voest Alpine*, составляет 350 МПа, а для отечественной стали – 230 МПа. Для образования микротрещин в австрийской стали в процессе эксплуатации потребуется большее число циклов, что обеспечит более высокую стойкость рельсов. Можно предположить, что данное различие в свойствах сталей различных производителей обусловлено присутствием упрочнённого феррита по границам аустенитных зерен.

Результаты измерения полей распределения внутренних напряжений показали, что σ_z в головках рельсов, в основном, состоит из растягивающих напряжений. Рельсы, прокатанные по современной технологии, имеют более высокие и более равномерно распределенные по профилю остаточные напряжения. Это является свидетельством, что пластическая деформация профиля была более интенсивной и равномерной. В рельсах производства НТМК поле остаточных напряжений неравномерно, что характеризует неравномерность пластических деформаций по профилю. Различия остаточных напряжений определяются, очевидно, неравномерностью деформационного упрочнения, обусловленного особенностями производства, поскольку химический состав и микроструктуры исследуемых сталей практически идентичны.

Заключение

В результате проведенных исследований отечественных рельсов производства НТМК и австрийских, произведённых компанией *Voest Alpine*, установлено следующее.

Микроструктура рельсов обоих производителей является перлитной. Однако, в микроструктуре рельсов, произведенных на НТМК обнаружено наличие феррита обогащенного ванадием, выделившегося по границам зерен исходного аустенита.

Кроме того, установлено, что австрийская сталь, прокатанная по современной технологии, после небольших деформаций $1\div 2\%$, лучше сопротивляется микропластическим деформациям, которые и определяют в

основном усталостное разрушение изделий. Следовательно, для образования микротрещин в австрийской стали в процессе эксплуатации потребуются большее число циклов, что обеспечит более высокую стойкость рельсов.

Таким образом, для повышения эксплуатационных свойств рельсов необходимо устранить возможность выделения в структуре стали от структурно-свободного феррита в процессе производства. Это возможно за счет изменения химического состава стали, например, исключение микролегирующих элементов. Кроме того, образование структурно-свободного феррита возможно затормозить за счет деформации при относительно низких температурах, для чего необходимо модернизировать прокатное оборудование для производства рельс, в частности установка на рельсобалочных станах универсальных балочных клетей, с целью обеспечения равномерных деформаций по всему сечению в чистовых проходах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Сталинский Д.В., Рудюк А.С. Современное состояние производства и качества железнодорожных рельсов // Сталь. – 2011. – № 5. – С.73–77.
2. Решение Рельсовой комиссии // Путь и путевое хозяйство. – 2000. – № 3. – С.27–29.
3. Павлов В.В., Корнева Л.В. Взаимодействие металлической матрицы с неметаллическими включениями в рельсовой стали // Сталь. – 2011. – №10. – С.65–69.
4. Проблемы излома рельсов // Железные дороги мира. – 2002. – № 11. – С.56–60.
5. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства: Учебное пособие. – СПб: Наука, 2005. – 540 с.
6. Арсеньев И.Д., Шевченко Д.В., Сараев Д.А., Боровков А.И.. Конечно-элементное моделирование и исследование процесса страгивания железнодорожного колеса. Вестник ПГТУ. 2011. № 2, с. 5-14.